

PERAMALAN DAYA LISTRIK JANGKA SANGAT PENDEK PEMBANGKIT THERMAL MENGGUNAKAN METODE FUZZY MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING - NEURAL NETWORK (FMCDM-NN)

Lailil Ika Wardani

Progam Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia

e-mail: laililika83@gmail.com

Unit Three Kartini

Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia

e-mail: unitthree@unesa.ac.id , uunitthree@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan daya listrik pada masyarakat semakin meningkat tiap tahunnya, sehingga diperlukan adanya peningkatan penyediaan daya listrik maupun peningkatan kualitas dari daya listrik. Oleh karena itu, perlu dilakukan peramalan daya listrik dalam jangka waktu tertentu, terutama untuk jangka waktu sangat pendek yaitu per jam, sehingga kebutuhan daya listrik bisa terpenuhi secara tepat dan lebih optimal. Pada penelitian ini dilakukan peramalan daya listrik jangka sangat pendek untuk pembangkit thermal berbahan bakar gas menggunakan metode *Fuzzy Multiple Criteria Decision Making – Neural Network* (FMCDM-NN). Dengan menggunakan metode FMCDM, didapatkan nilai error MSE sebesar 0,04035 dan RMSE sebesar 0,20087 sedangkan dengan menggunakan Metode FMCDM-NN didapatkan error dengan nilai MSE sebesar 0,01247 dan RMSE sebesar 0,1117. Dengan menggunakan metode FMCDM-NN didapatkan hasil yang lebih akurat untuk meramalkan daya listrik yang dibangkitkan oleh pembangkit thermal dalam jangka waktu sangat pendek yaitu selama 1 jam ke depan.

Kata Kunci: Peramalan, metode FMCDM-NN, MSE-RMSE.

Abstract

The need for electric power in the community is increasing every year, so it needs an increase in the provision of electric power and the improvement of the quality of electrical power. Therefore, it is necessary to forecast electric power for a certain period of time, especially for a very short period of time per hour, so that the need for electric power can be met properly and more optimally. In this study, a very short-term power forecasting for gas-fired thermal generators using the *Fuzzy Multiple Criteria Decision Making-Neural Network* (FMCDM-NN) method is used. By using FMCDM method, we get MSE error value 0,04035 and RMSE 0,20087 while by using FMCDM-NN Method got error with value of MSE equal to 0,01247 and RMSE 0,1117. Using FMCDM-NN method, there is a more accurate result to predict the power generated by the thermal generator in a very short period of time for the next hour.

Keywords: Forecasting, FMCDM-NN method, MSE-RMSE.

PENDAHULUAN

Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebagai perusahaan penyedia tenaga listrik dituntut untuk mengetahui secara tepat kebutuhan daya listrik yang harus disiapkan pada periode waktu tertentu. Penyediaan daya listrik yang sesuai dengan kebutuhan masyarakat menjadi persoalan yang sangat serius, karena daya energi listrik merupakan kebutuhan dasar bagi masyarakat pada era modern ini, hampir seluruh aktivitas masyarakat harus menggunakan listrik. Kebutuhan daya listrik pada masyarakat semakin meningkat tiap tahunnya, sehingga diperlukan adanya peningkatan penyediaan daya listrik maupun peningkatan kualitas dari daya

listrik. Oleh karena itu, perlu dilakukan peramalan daya listrik dalam jangka waktu tertentu, bahkan dalam jangka waktu per jam. Sehingga kebutuhan daya listrik bisa terpenuhi secara tepat dan lebih optimal.

Untuk mewujudkannya dapat dilakukan perencanaan yang baik dan tepat seperti peramalan daya listrik. Perkembangan teknologi komputasi yang sudah mengarah kepada soft computing atau istilah lainnya komputer cerdas mendorong peneliti untuk mencoba mencari metode alternatif prediksi daya listrik jangka pendek berbasis kecerdasan buatan yang populer dan banyak digunakan oleh para ilmuwan (Hutahaean, 2015).

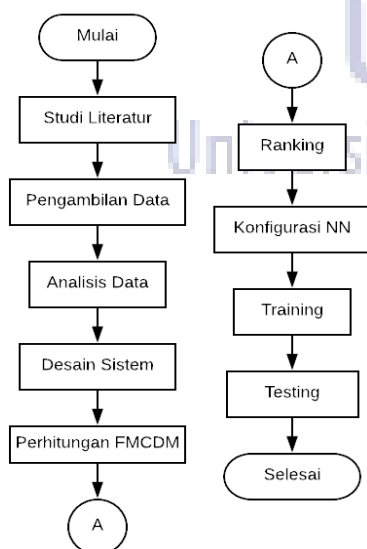
Pada penelitian ini membahas tentang Peramalan Daya Listrik Jangka Sangat Pendek Pembangkit Thermal Menggunakan Metode *Fuzzy Multiple Criteria Decision Making – Neural Network* (FMCDM-NN). Metode FMCDM-NN adalah metode FMCDM yang dikombinasikan dengan Metode NN, pada hasil akhir dari Metode FMCDM akan digunakan sebagai data input Neural Network (NN). Penelitian ini dilakukan untuk meramalkan daya listrik jangka sangat pendek dalam waktu 1 jam ke depan pada pembangkit thermal. Data yang digunakan adalah data daya listrik pembangkit thermal UP Gresik dari PT. PLN APB Jawa Timur (PERSERO), data bahan bakar pembangkit thermal UP Gresik dari PT. PJB UP GRESIK dan data meteorologi dari BMKG Juanda Surabaya.

METODE

Rancangan Penelitian

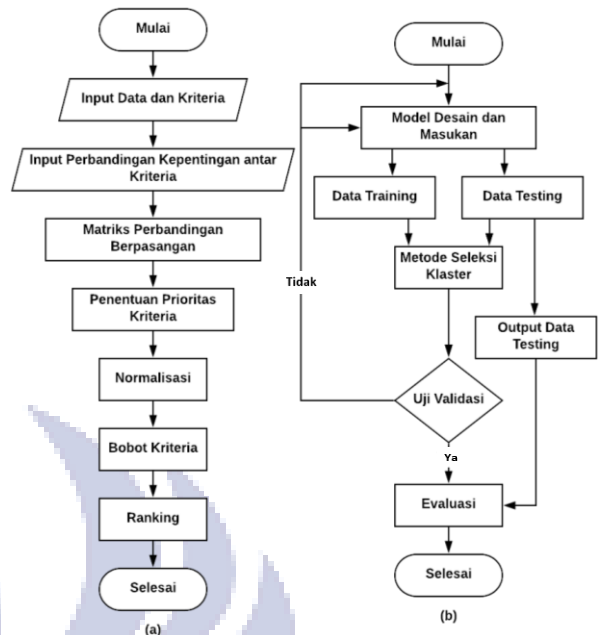
Pada penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif adalah penelitian yang analisisnya lebih fokus pada data-data berupa angka yang diolah dengan menggunakan metode statistika. Hal ini sesuai dengan pendapat (Arikunto, 2013) yang mengemukakan penelitian kuantitatif adalah pendekatan yang banyak dituntut menggunakan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut serta penampilan hasilnya. Pada umumnya penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif merupakan penelitian sampel besar. Dengan menggunakan pendekatan ini, maka akan diperoleh signifikansi hubungan antar variabel yang diteliti.

Tahapan dari perancangan penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Flowchart Metode Penelitian
(Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

Selanjutnya flowchart perhitungan metode *Fuzzy Multiple Criteria Decision Making-Neural Network* (FMCDM -NN) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 (a.) Flowchart Perhitungan Fuzzy Multiple Criteria Decision Making (FMCDM).
(b.) Flowchart Perhitungan Artificial Neural Network.

(Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

Proses perhitungan metode *Fuzzy Multiple Criteria Decision Making-Neural Network* (FMCDM-NN) dimulai dengan membuat struktur hirarki. Kemudian membuat tabel fungsi keanggotaan untuk menunjukkan kriteria kinerja (nilai dan efek) sebagai penentuan penomoran skala *Fuzzy*. Kemudian pembuatan grafik dari setiap data yang dibutuhkan dalam meng-analisis peramalan daya bangkitan listrik. Pembuatan grafik data dilakukan untuk memudahkan dalam penyusunan matriks perbandingan berpasangan dengan menentukan dan membandingkan inputan masing-masing data yang akan digunakan sebagai inputan dari metode FMCDM.

Kemudian perhitungan matriks perbandingan berpasangan dilakukan dengan menggunakan metode rata-rata geometrik. Sehingga dapat diperoleh bobot *Fuzzy* untuk mencari nilai BNP yaitu nilai akhir dari metode FMCDM.

Proses perhitungan dari metode Neural Network, dimulai dengan memodelkan desain dan pola masukan yang berasal dari hasil akhir (output) FMCDM. Dengan kata lain, hasil akhir (output) dari metode FMCDM akan menjadi masukan (input-an) dari metode *Neural Network*. Kemudian dilakukan proses data training, dari data training akan masuk ke

dalam metode seleksi kluster yang selanjutnya akan dilakukan uji validasi untuk menemukan pola yang mendapatkan hasil dengan error terkecil, jika belum menemukan error terkecil, maka akan dilakukan kembali proses data training, sampai menemukan error terkecil, jika masih belum menemukan error terkecil maka akan dilakukan proses memodelkan desain dan pola masukan kembali. Setelah itu, jika error terkecil sudah ditemukan, maka secara otomatis hasil dari data testing akan ikut keluar. Dan langkah terakhir adalah dilakukan evaluasi dari hasil tersebut.

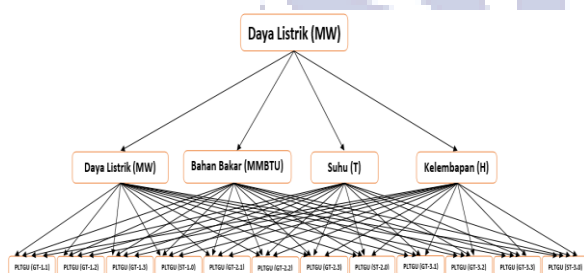
HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode Fuzzy Multiple Criteria Decision Making (FMCDM)

Metode Fuzzy Multiple Criteria Decision Making digunakan untuk menentukan peramalan daya listrik berdasarkan beberapa kriteria tertentu. Berikut adalah langkah-langkah untuk peramalan daya listrik :

1. Struktur Hirarki

Langkah pertama adalah dengan membuat struktur hirarki dari metode FMCDM, yang dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini :



Gambar 3 Struktur Hirarki

(Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

Dimana pada struktur hirarki ini terdiri dari 3 tingkat, yaitu :

- Tingkat pertama : Tujuan keputusan (*Goal*) yang diisi dengan daya listrik.
- Tingkat kedua : Kriteria – kriteria, yang diisi dengan variabel yang mempengaruhi peramalan yaitu daya listrik, bahan bakar, suhu, dan kelembapan.
- Tingkat ketiga : Alternatif – alternatif, yang diisi dengan PLTGU GT-1.1, PLTGU GT-1.2, PLTGU GT-1.3, PLTGU ST-1.0, PLTGU GT-2.1, PLTGU GT-2.2, PLTGU GT-2.3, PLTGU ST-2.0, PLTGU GT-3.1, PLTGU GT-3.2, PLTGU ST-3.0.

2. Tabel Fungsi Keanggotaan

Penentuan tabel fungsi keanggotaan dilakukan untuk menunjukkan kriteria kinerja (nilai dan efek) sebagai penentuan penomoran

skala Fuzzy, yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini :

Tabel 1 Tabel Fungsi Keanggotaan

Nomor Fuzzy	Skala Linguistik	Skala Nomor Fuzzy
0	Tidak Beroperasi	(0, 0, 0)
1	Sama Penting	(1, 1, 3)
3	Agak Penting	(1, 3, 5)
5	Cukup Penting	(3, 5, 7)
7	Lebih Penting	(5, 7, 9)
9	Sangat Penting	(7, 9, 9)

(Sumber : T-Y. Hsieh et al, 2004)

3. Penyusunan Matriks Perbandingan Berpasangan

Penyusunan matriks perbandingan berpasangan dilakukan dengan menentukan dan membandingkan inputan masing-masing data yang akan digunakan sebagai inputan dari metode Fuzzy Multiple Criteria Decision Making, yaitu data daya listrik harian pada tanggal 20 Maret 2018, data bahan bakar yang digunakan pada tanggal 20 Maret 2018, data suhu udara dan data kelembapan udara pada tanggal 20 Maret 2018, contoh matriks daya listrik harian dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini :

Tabel 2 Matriks Perbandingan Berpasangan Daya Listrik Harian

X	Jam	00,30											
Jam	PLTGU	GT-1.1	GT-1.2	GT-1.3	ST-1.0	GT-2.1	GT-2.2	GT-2.3	ST-2.0	GT-3.1	GT-3.2	GT-3.3	ST-3.0
00,30	GT-1.1	1	3	1/3	9	1/1	1/1	0	1/1	1/3	1/3	0	5
	GT-1.2	1/3	1	1/3	9	1/1	1/1	0	1/1	1/3	1/3	0	5
	GT-1.3	3	3	1	9	1/1	1/1	0	1/1	1/3	1/3	0	5
	ST-1.0	1/9	1/9	1/9	1	1/1	1/1	0	1/1	1/3	1/3	0	1/5
	GT-2.1	1	1	1	1	1	1/1	0	1	3	3	0	5
	GT-2.2	1	1	1	1	1	1	0	1	3	3	0	5
	GT-2.3	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3	0	5
	ST-2.0	1	1	1	1	1/1	1/1	1/1	1	3	3	0	5
	GT-3.1	3	3	3	3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	3	0	5
	GT-3.2	3	3	3	3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	3	0	5
	GT-3.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	ST-3.0	1/5	1/5	1/5	5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1

(Sumber: Dokumen Pribadi, 2018)

4. Perhitungan Matriks Perbandingan Berpasangan

Perhitungan matriks perbandingan berpasangan ini dilakukan dengan menggunakan metode rata-rata geometrik. Persamaan metode rata-rata geometrik ditunjukkan pada persamaan 1 berikut ini.

$$\tilde{\alpha}_{ij} = (\tilde{\alpha}_{ij}^1 \times \tilde{\alpha}_{ij}^2 \times \tilde{\alpha}_{ij}^3 \times \tilde{\alpha}_{ij}^4)^{1/4} \quad 1$$

Untuk mendapatkan bobot dimensi fuzzy dengan menggunakan persamaan 2 berikut ini.

$$\tilde{r}_i = (\tilde{\alpha}_{i1} \times \tilde{\alpha}_{i2} \times \dots \times \tilde{\alpha}_{in})^{1/n} \quad 2$$

Dari persamaan 2 dapat diperoleh elemen matriks yang berbeda pada setiap matriks dengan perhitungan yang sama.

Selanjutnya dapat diperoleh bobot Fuzzy dengan menggunakan persamaan 3 berikut ini.

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \times (\tilde{r}_i + \dots + \tilde{r}_n)^{-1} \quad 3$$

Keterangan :

$\tilde{\alpha}_{ij}$ = Variabel matriks

\tilde{r}_i = Bobot Dimensi

\tilde{w}_i = Bobot Fuzzy

5. Nilai BNP

Untuk mendapatkan nilai BNP dari nilai bobot Fuzzy dapat menggunakan persamaan 4 berikut ini.

$$\begin{aligned} BNP_{w1} &= [(U_{w1} - L_{w1}) + (M_{w1} - L_{w1})]/3 + L_{w1} \quad 4 \\ &= [(0.00828 - 0.00169) + \\ &\quad (0.00416 - 0.00169)]/3 + 0.00169 \\ &= 0.004715 \end{aligned}$$

Keterangan :

BNP_{w1} = Nilai ranking Fuzzy terbaik di bobot Fuzzy ke-1

U_{w1} = Nilai awal bobot Fuzzy ke-1

L_{w1} = Nilai terakhir bobot Fuzzy ke-1

M_{w1} = Nilai tengah bobot Fuzzy ke-1

Untuk meng-evaluasi kinerja pada matriks, dilakukan pembuatan tabel fungsi keanggotaan evaluasi. Berikut ini adalah tabel fungsi keanggotaan untuk evaluasi dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3 Tabel Fungsi Keanggotaan Untuk Evaluasi

Evaluasi	Variabel														
	Sama Penting	Agak Penting	Cukup Penting	Lebih Penting	Sangat Penting										
1	0	0	40	60	80	70	90	140	140	160	180	170	200	200	
2	0	0	50	20	60	100	60	100	140	130	150	170	160	200	200
3	0	0	38	30	54	86	76	96	130	120	156	180	176	200	200
4	0	0	80	80	100	120	120	140	160	160	170	180	180	200	200
5	0	0	30	30	60	90	90	120	150	150	160	180	180	200	200

(Sumber : T-Y. Hsieh et al, 2004)

Dari Tabel 3 tersebut, dapat diperoleh matriks \tilde{E}_{ij} kinerja fuzzy dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E^1 \ E^2 \ E^3 \ E^4 \ E^5 &= E^1 \quad E^2 \\ [CP \ CP \ AP \ CP \ AP] &[(70, 90, 40) (60, 100, 140) \\ &\quad E^3 \quad E^4 \quad E^5 \\ (30, 54, 86) (120, 140, 160) &(30, 60, 90) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tilde{E}_{11} &= ((\sum_{k=1}^5 LE_{11}^k)/5, (\sum_{k=1}^5 ME_{11}^k)/5, (\sum_{k=1}^5 UE_{11}^k)/5) \\ &= (62.0, 88.8, 123.2) \end{aligned}$$

Selanjutnya untuk mendapatkan nilai peringkat fuzzy dapat menggunakan rumus dari persamaan 5, berikut ini sebagai contoh perhitungan :

$$\tilde{R}_1 = (LR_1, MR_1, UR_1) \quad 5$$

(Sumber : T-Y. Hsieh et al, 2004)

Keterangan :

\tilde{E}_{ij}^k = Variabel matriks Fungsi Keanggotaan

LE_{11}^k = Nilai terakhir dari Variabel matriks Fungsi Keanggotaan

ME_{11}^k = Nilai tengah dari Variabel matriks Fungsi Keanggotaan

UE_{11}^k = Nilai awal dari Variabel matriks Fungsi Keanggotaan

\tilde{R}_1 = Nilai peringkat Fuzzy ke-1

LR_1 = Nilai terakhir dari Nilai peringkat Fuzzy ke-1

MR_1 = Nilai tengah dari Nilai peringkat Fuzzy ke-1

UR_1 = Nilai awal dari Nilai peringkat Fuzzy ke-1

Maka langkah terakhir dari metode FMCDM adalah untuk mendapatkan nilai BNP dengan menggunakan rumus dari persamaan 4 sebelumnya, berikut ini sebagai contoh perhitungan nilai BNP₁:

$$\begin{aligned} BNP_1 &= [(123.208 - 62.0017) + (88.8042 - 62.0017)]/3 + 62.0017 \\ &= 91.338. \end{aligned}$$

Selanjutnya adalah normalisasi data hasil metode FMCDM menggunakan rumus sebagai berikut :

$$x = \frac{\text{data simulasi} - \text{data minimal}}{\text{data maksimal} - \text{data minimal}} \quad 6$$

(Sumber : Chen dan Kartini, 2017)

Berikut ini sebagai contoh perhitungan untuk normalisasi data :

$$\begin{aligned} x &= \frac{91,338 - 48,003}{163,734 - 48,003} \\ &= 0,374440105 \end{aligned}$$

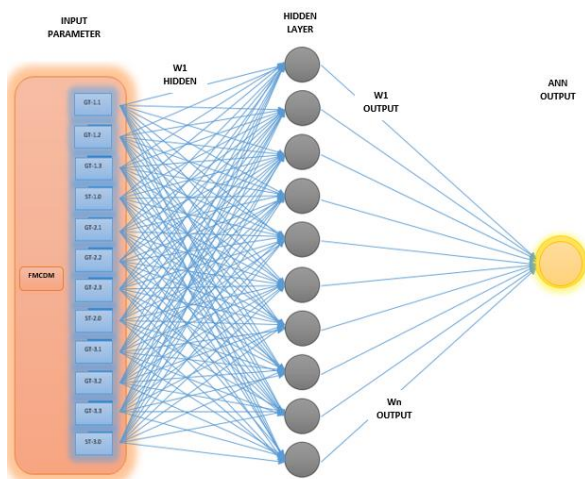
Keterangan :

BNP_1 = Nilai ranking Fuzzy terbaik ke-1

x = Normalisasi data

Metode Fuzzy Multiple criteria Decision Making - Neural Network (FMCDM-NN) Untuk Peramalan Daya Listrik

Peramalan daya listrik kali ini menggunakan 2 kombinasi metode yaitu metode Fuzzy Multiple criteria Decision Making - Neural Network (FMCDM-NN). Berikut ini adalah gambar dari ilustrasi kombinasi antara metode Fuzzy Multiple Criteria Decision Making dan metode Neural Network (FMCDM-NN) dapat dilihat pada Gambar 4:



Gambar 4 Ilustrasi Kombinasi antara Metode *Fuzzy Multiple Criteria Decision Making* dengan Metode *Neural Network* (FMCDM-NN)
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

Proses perhitungan dari metode *Neural Network* ini dilakukan dengan menjadikan output dari metode FMCDM menjadi inputan dari metode *Neural Network*, dimana *hidden layer* dari metode *Neural Network* sendiri memakai 10 layer dengan inputan 12 pembangkit dari Pembangkit Thermal di setiap per setengah jam.

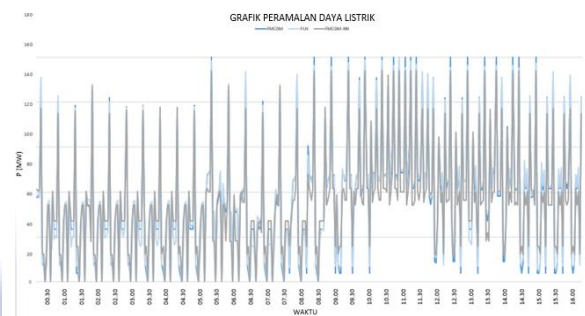
Pertama dilakukan pemodelan desain dan pola masukan yang berasal dari output metode FMCDM dengan membuat beberapa pola langkah yang selanjutnya akan diuji dalam data training untuk menentukan hasil output dengan error terkecil. Selanjutnya pengujian data training dilakukan dengan menguji setiap pola langkah yang telah di desain dengan membuat program script dari metode *Neural Network* pada *Software MATLAB*, untuk dapat menentukan pola langkah dengan hasil output error terkecil. Dilanjutkan dengan pengujian data testing, dimana output dari pengujian data testing ini berpengaruh dari output data *training*. Jika output dari data training sudah mendapatkan hasil dengan error terkecil, maka output dari data *testing* secara otomatis akan keluar.

Proses selanjutnya adalah men-seleksi dari setiap pola langkah yang telah dibuat untuk dilakukan uji validasi dalam menentukan hasil dengan error terkecil. Jika hasil uji validasi dari setiap pola langkah belum mendapatkan error terkecil, maka dilakukan lagi permodelan desain dan pola masukan untuk mendapatkan pola langkah sampai didapatkan output data testing, yaitu hasil akhir dari output yang telah didapatkan setelah pengujian data testing dengan error terkecil. Langkah terakhir adalah evaluasi, hal ini dilakukan untuk membandingkan grafik dari hasil output yang telah didapatkan dengan

grafik data riil daya listrik di lapangan. Jika hasilnya didapatkan error $\leq 0,01$ maka penelitian hasil peramalan daya listrik adalah akurat.

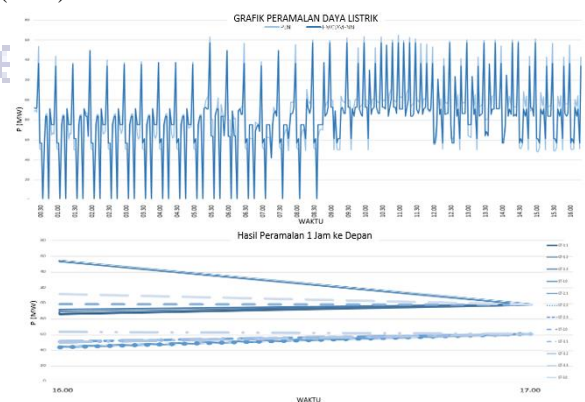
Hasil Simulasi Metode *Fuzzy Multiple Criteria Decision Making - Neural Network* (FMCDM-NN)

Berikut ini adalah gambar grafik perbandingan dari hasil simulasi peramalan daya listrik jangka sangat pendek pembangkit thermal berbahan bakar gas metode *Fuzzy Multiple Criteria Decision Making* (FMCDM), metode *Fuzzy Multiple Criteria Decision Making-Neural Network* (FMCDM-NN) dan data riil (PLN), dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini :



Gambar 5 Grafik Perbandingan Hasil Simulasi Peramalan Daya Listrik
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

Dari Gambar 5 di atas dapat dilihat bahwa peramalan daya listrik menggunakan 2 metode yaitu *Fuzzy Multiple Criteria Decision Making* (FMCDM) dan metode *Fuzzy Multiple Criteria Decision Making - Neural Network* (FMCDM-NN) didapatkan hasil dengan error yang kecil dan mendekati target dari data riil (PLN). Selanjutnya pada Gambar 6 dapat dilihat grafik perbandingan hasil simulasi peramalan daya listrik dengan menggunakan metode *Fuzzy Multiple Criteria Decision Making - Neural Network* (FMCDM-NN) yang dibandingkan dengan data riil (PLN).



Gambar 6 Grafik Perbandingan Hasil Simulasi Peramalan Daya Listrik
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

Grafik perbandingan hasil simulasi dari peramalan daya listrik jangka sangat pendek pembangkit thermal berbahan bakar gas metode *Fuzzy Multiple Criteria Decision Making - Neural Network* (FMCDM-NN) yang dibandingkan dengan hasil dari data riil (PLN) dengan menggunakan 500 epoch dan dengan 10 layer tersembunyi pada pukul 17.00 didapatkan hasil peramalan daya listrik pada GT-1.1 adalah sebesar 98,4576 MW, pada GT-1.2 adalah sebesar 98,4495 MW, pada GT-1.3 adalah sebesar 98,4495 MW, pada ST-1.0 adalah sebesar 98,4509 MW, pada GT-2.1 adalah sebesar 61,025 MW, pada GT-2.2 adalah sebesar 61,024 MW, pada GT-2.3 adalah sebesar 61,027 MW, pada ST-2.0 adalah sebesar 98,452 MW, pada GT-3.1 adalah sebesar 61,0246 MW, pada GT-3.2 adalah sebesar 61,028 MW, pada GT-3.3 adalah sebesar 61,0252 MW, pada ST-3.0 adalah sebesar 98,458 MW menunjukkan bahwa hasil simulasi dari peramalan daya listrik jangka sangat pendek pembangkit thermal berbahan bakar gas menggunakan metode *Fuzzy Multiple Criteria Decision Making - Neural Network* (FMCDM-NN) mempunyai hasil yang akurat.

Selanjutnya untuk menentukan metode yang paling cocok digunakan untuk peramalan daya listrik jangka sangat pendek ini, maka dilakukan perhitungan untuk mencari error yang terkecil dengan menggunakan rumus MSE dan RMSE yang dapat dilihat pada persamaan 7 dan persamaan 8 berikut :

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (e^2)_i \quad 7$$

$$RMSE = \sqrt{MSE} \quad 8$$

(Sumber : Chris, 2010)

Keterangan :

MSE = Mean Square Error

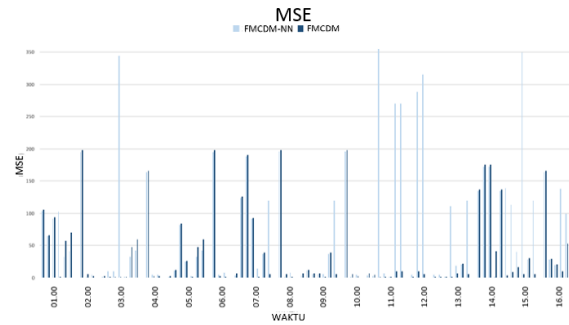
RMSE = Root Mean Square Error

Berikut ini adalah perhitungan untuk mencari error yang terkecil pada metode FMCDM-NN dengan menggunakan rumus MSE dan RMSE :

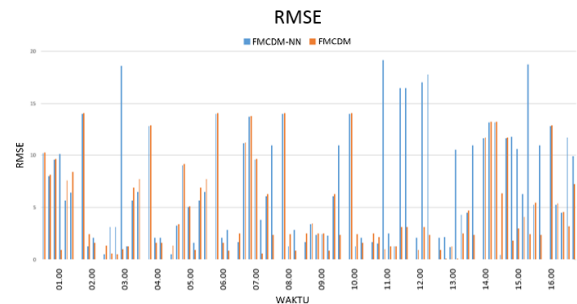
$$MSE = ((88,6 - 92,46) + \dots + (142,7 - 133,87))^2 : 384 = 0,0124$$

$$RMSE = \sqrt{0,00519} = 0,1117$$

Berikut adalah gambar grafik perbandingan hasil perhitungan error menggunakan rumus MSE dan rumus RMSE dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8 di bawah ini :



Gambar 7 Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan error menggunakan rumus MSE
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)



Gambar 8 Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan error menggunakan rumus RMSE
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

Dari Gambar 7 dan Gambar 8 di atas dapat dilihat bahwa untuk hasil error dari metode *Fuzzy Multiple Criteria Decision Making* (FMCDM) menggunakan rumus MSE didapatkan error sebesar 0,04035 dan dengan menggunakan rumus RMSE didapatkan error sebesar 0,20087. Sedangkan untuk hasil error dari metode *Fuzzy Multiple Criteria Decision Making - Neural Network* (FMCDM-NN) menggunakan rumus MSE didapatkan error sebesar 0,0124 dan dengan menggunakan rumus RMSE didapatkan error sebesar 0,1117. Jadi dapat diketahui bahwa peramalan daya listrik menggunakan 2 metode yaitu *Fuzzy Multiple Criteria Decision Making* (FMCDM) dan metode *Fuzzy Multiple Criteria Decision Making - Neural Network* (FMCDM-NN) didapatkan hasil error yang hampir sama dan dengan hasil yang akurat.

PENUTUP

Simpulan

Dari penelitian menggunakan Metode FMCDM-NN didapatkan hasil peramalan daya listrik jangka sangat pendek pada pembangkit thermal berbahan bakar gas di GT-1.1 adalah sebesar 98,4576 MW, di GT-1.2 adalah sebesar 98,4495 MW, di GT-1.3 adalah sebesar 98,4495 MW, di ST-1.0 adalah sebesar 98,4509 MW, di GT-2.1 adalah sebesar 61,025 MW, di GT-2.2 adalah sebesar 61,024 MW,

di GT-2.3 adalah sebesar 61,027 MW, di ST-2.0 adalah sebesar 98,452 MW, di GT-3.1 adalah sebesar 61,0246 MW, di GT-3.2 adalah sebesar 61,028 MW, di GT-3.3 adalah sebesar 61,0252 MW, dan di ST-3.0 adalah sebesar 98,458 MW. Dengan menggunakan metode FMCDM, didapatkan error melalui perhitungan MSE sebesar 0,04035 dan RMSE sebesar 0,20087 sedangkan dengan menggunakan Metode FMCDM-NN didapatkan error melalui perhitungan MSE sebesar 0,01247 dan RMSE sebesar 0,1117. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan menggunakan metode FMCDM-NN didapatkan hasil yang lebih akurat untuk membangkitkan daya listrik selama 1 jam ke depan.

Saran

Penelitian ini menggunakan data historis daya listrik yang dibangkitkan oleh pembangkit thermal, data bahan bakar yang digunakan oleh pembangkit thermal, dan data suhu udara dan kelembapan udara (data meteorologi) di area pembangkit thermal. Disarankan untuk peramalan yang lebih akurat dapat melanjutkan penelitian ini dengan menambah variabel seperti nilai *heat reat*.

DAFTAR PUSTAKA

Arikunto. 2013. "Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek". Jakarta : PT. Rineka Cipta.

Chris, Brooks dan Sotiris Tsolacos. 2010. "Real Estate Modelling and Forecasting". Cambridge, New York : the United Kingdom at the University Press.

Chen dan Kartini. 2017. "k-Nearest Neighbor Neural Network Models for Very Short-Term Global Solar Irradiance Forecasting Based on Meteorological Data". International Journal of Computer Electrical Engineering. Vol. 10 (2): pp.168.

Hsieh, Ting-Ya and all. 2004. "Fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection in public office buildings". International Journal of Project Management: a Institute of Construction Engineering and Management, National Central University.

J. Hutahaeen, Konsep Sistem Informasi, Yogyakarta: Deepublish, 2015.